

広島大学大学院	学生会員	○押田さやか	東京都建設局	正会員	一宮 梢
中央大学研究開発機構	正会員	内田龍彦	復建調査設計株式会社	非会員	森山 学
広島大学大学院	フェロー会員	河原能久	広島県土木部	非会員	木村成弘

## 1. はじめに

河床材料の粒径分布は、流送土砂量の算定や河道計画、河川工事等の河川管理における基礎的な情報として重要である。現在行われている河床材料調査は直接粒径を測定することが大半であり、時間と人力を要する。そこで、本研究では、緊急性が求められる洪水災害調査や、局所的かつ詳細なデータを必要とする河床形状や植生高等の河川物理環境データの取得に有用とされ注目されている地上レーザ測量の3次元データを用いて河床の表面粒度分布の算定を行う。

著者らは、小型有人ヘリコプタにレーザ測量機器を搭載し、低空での飛行によって得られた3次元データの高さ方向偏差から粒度分布特性を把握する試みを行っている<sup>1)</sup>。地上レーザ測量は、より高密度のデータを取得することが可能であり、詳細な粒度分布特性の把握に有効である。

## 2. 現地観測方法

本研究は太田川水系水内川を対象とし、平成19年11月にレーザ計測と粒径調査を行っている。図-1に示す古持橋から下流約250mの区間を対象区間とし、囲んだ5か所において表面礫の粒径調査を行っている。なお、図-1は12月に撮影されたものである。レーザ計測には、スキャンステーション(Leica Geosystems社製)を用い、ファーストパルスから3次元座標値と反射受光強度、およびRGBデータを取得している。また、より広範囲の粒径を調査するために、検討区間より下流の粒径が大きい箇所においても同様にレーザ測量と粒径調査を行っている。粒径調査は、写真測量と直接礫径を測定する2通りの方法で測定している。また、レーザデータは写真測量、直接測量と同一の箇所のデータを切り抜いて使っている。

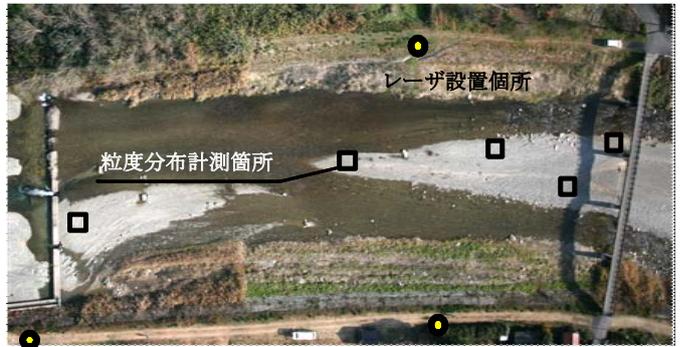


図-1 測量対象区間と粒度分布の測定領域

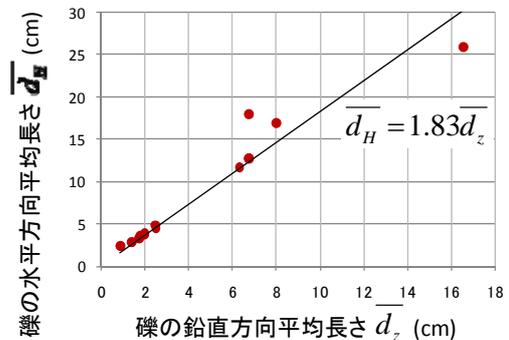


図-2 礫の鉛直方向の長さとの鉛直方向の高さの関係

### (1) 写真測量

粒径測定位置の河床の写真を比較的高い位置から撮影する。撮影した写真をオルソー画像に変換し、面積格子法を用いて粒径加積曲線を作成する<sup>2)</sup>。

### (2) 直接測量

写真測量を行った箇所を最大粒径程度の格子で区切り、格子が重なった点の粒径の長径、短径、および高さを測定する。長径と短径の平均を平面方向の

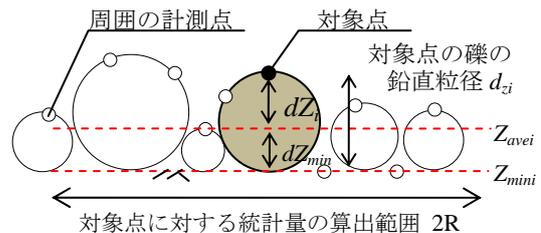


図-3 鉛直方向の高さの偏差を用いた表面粒径の推定法の概念

長さとし、写真測量と同様に粒度加積曲線を作成する。

### 3. 粒度分布の算出法

3次元形状をもつ礫の粒径をレーザ計測から得られる鉛直方向の高さから推定することは、平面情報から検討できる写真測量の場合に比べて原理的には精度が低下する。図-2は各検査領域における礫の平面方向の長さ  $d_H$  の平均値と鉛直方向長さ  $d_z$  の平均値の関係である。両者の比  $\overline{d_H}/\overline{d_z}$  には多少のばらつきは見られるが、粒径に依らずほぼ一定であり、鉛直方向の長さは水平方向の長さに比べて小さいことが分かる。

図-3に鉛直方向の高さの偏差を用いた表面粒径の推定法の概念を示す。計測点の高さからその粒径を求めるためには、礫底の高さ  $Z_{mini}$  を知る必要がある。礫底の高さ  $Z_{mini}$  は式(1)で定義する。

$$Z_{mini} = Z_{avei} - \alpha \sqrt{dZ_i^2} \quad (1)$$

ここに、 $i$ : 検査領域における計測点番号、 $Z_{avei}$ : 対象とする計測点  $i$  に対して半径  $R$  の範囲の計測点の平均高さ、 $dZ_i: Z_{avei}$  からの偏差、 $\overline{dZ_i^2}: dZ_i$  の分散である。ここでは  $dZ_i$  は正規分布に従うと仮定し、 $\alpha$  は確率変数の観測値が 99.7% の確率で含まれる区間として  $\alpha=3$  を用いる。合計測点の礫の鉛直方向の粒径は式(2)で与える。

$$d_{zi} = dZ_i + \alpha \sqrt{dZ_i^2} \quad (2)$$

図-4は検査領域において、式(2)で計算される中央粒径  $d_{z50}$  と写真測量結果  $d_{H50}$  の比較である。 $d_z/d_H$  がばらつく分、多少ばらついているが、両者は線形関係にあることが確認できる。また、その比は図-2に示した値と同程度であることが分かる。

図-5は、式(2)で計算される無次元粒度分布（中央粒径  $d_{50}$  に対する粒径の比）と写真測量結果の比較の例で、異なる2か所の結果である。写真測量結果に比べて、本推定手法は粒径が大きいものを多く、粒径が小さいものを少なめに見積もる傾向が見られるが、写真測量結果を概ね再現していると言える。以上より、礫域の河床表面の粒度分布はレーザ計測結果による河床の凹凸を用いて簡易に算出できることから、本手法は広範囲の表面粒度分布を検討するために有用であると言える。

### 4. 結論

レーザ測量データを用いた河床表面粒度分布の新しい測定法を提案し、平均粒径や粒度分布を簡易に見積もれることを示した。ただし、粒径が大きいものを多く、粒径が小さいものを少なく見積もる傾向がある。

### 参考文献

- 1) 内田龍彦, 河原能久, 山水綾, 渡辺豊, 森山学: ヘリコプタに搭載した高精度 3D レーザスキャナによる河川の物理環境の計測, 河川技術論文集, Vol. 13, 243-248, 2007.
- 2) (社) 日本河川協会編: 建設省河川砂防技術基準(案) 同解説 調査編, 292-293, 山海堂, 1999.

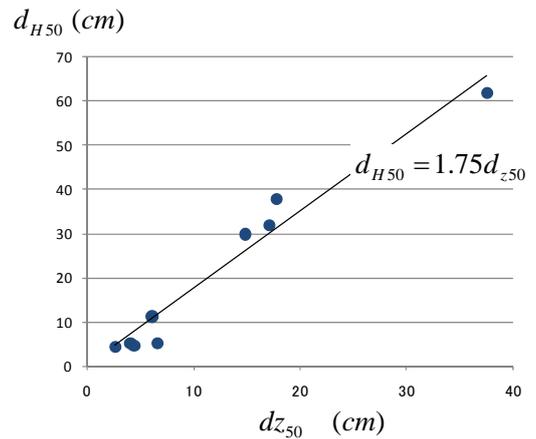


図-4 鉛直方向偏差の中央値  $d_{z50}$  と写真測量による中央粒径  $d_{H50}$  の比較

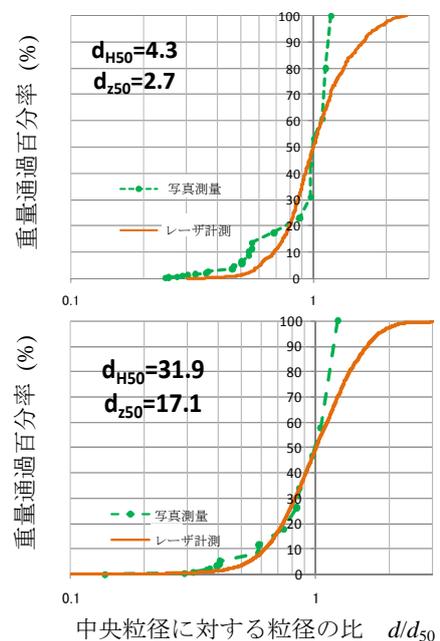


図-5 無次元粒度分布の推定結果と写真測量結果の比較